

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-226641

(43)Date of publication of application : 15.08.2000

(51)Int.Cl.

C22C 38/00  
C22C 38/30  
F16C 33/32  
F16C 33/34  
F16C 33/62

(21)Application number : 11-029274

(71)Applicant : NSK LTD

(22)Date of filing : 05.02.1999

(72)Inventor : TANAKA SUSUMU

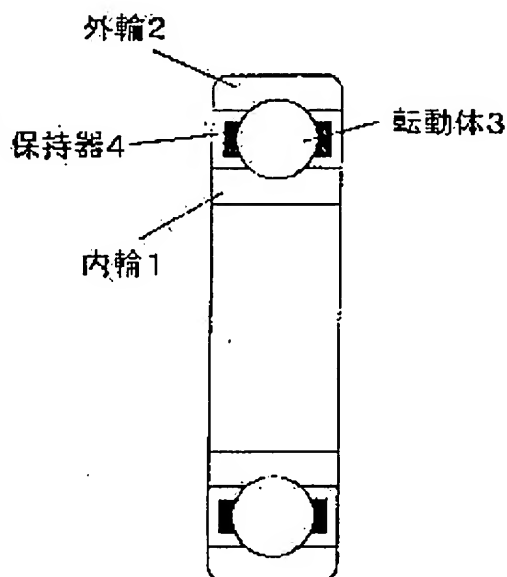
## (54) ROLLING DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a fatigue life and corrosion resistance by providing martensitic stainless steel of specified composition which constituted the parts to keep the crystalline grain diameter at the specified value or under.

SOLUTION: A carbon concentration is regulated in a specified range by substituting a part of nitrogen having the similar solid solution reinforcing effect for carbon which adversely affects the corrosion resistance, forms coarse eutectic carbide when the content is large, and degrades the function. At least one component of a rolling device formed of stainless steel including a roller bearing and a direct-acting bearing provided with a shaft body, or an inner ring 1, an outer ring 2 and rolling

elements 3, is formed of martensitic stainless steel having the composition consisting of, by weight,  $\leq 0.6\%$  C, 10-20% Cr, 0.1-0.8% Mn, 0.1-1.0% Si, 0.05- $<0.2\%$  N,  $\leq 3.0\%$  Mo,  $\leq 1.0\%$  V,  $\leq 7\%$  Co, and the balance Fe, in which the relationship of C and Cr contents satisfies the inequalities of  $C\% \leq -0.05\% \text{Cr} + 1.41$  and  $C + N \geq 0.45$ , and the mean grain diameter is  $\leq 20 \mu\text{m}$ . The grain size becomes further smaller by adding 0.05-0.5% one or more of Ti, Nb and W.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.01.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In rolling equipment equipped with an axis or an inner ring of spiral wound gasket, an outer ring of spiral wound gasket, and two or more rolling elements at least one of said the component parts by weight % C; 0.6% or less, less than [ more than Cr;10%20% ], less than [ more than Mn;0.1%0.8% ], Less than [ more than Si;0.1%1.0% ], less than 0.2% N; 0.05% or more, Less than [ Co;7% ], Remainder Fe, and an unescapable component are contained less than [ Mo;3.0% ] and V; 1.0% or less. And rolling equipment which consists of martensitic stainless steel with which the relation of the content of C and Cr is satisfied with of  $C\% \leq -0.05Cr\% + 1.41$ , and it is satisfied of  $sum\ C+N \geq 0.45$  of C and N, and is characterized by the diameter of average crystal grain being 20 micrometers or less.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] About rolling equipments, such as anti-friction bearing made from stainless steel, direct-acting bearing, and a ball screw, this invention improves especially the ingredient presentation of a component part, and attains advanced features.

[0002]

[Description of the Prior Art] Generally, if it is bearing steel and SUJ2 of Japanese Industrial Standards is stainless steel as an ingredient of anti-friction bearing, the martensitic stainless steel of SUS440C of Japanese Industrial Standards or a 0.7C-13Cr system is used. For example, since anti-friction bearing is repeatedly used in response to shearing stress under high planar pressure, as for said bearing steel, hardening and annealing are given, as for stainless steel, hardening, subzero treatment, and annealing are given, and it considers as the degree of hardness of HRC 58-64 so that the shearing stress may be borne and a rolling fatigue life can be secured.

[0003] In it being various and having used the common bearing steel of SUJ2 grade, when used under corrosive environment, rusting of it may be carried out at an early stage, and it may become impossible using the operating environment of anti-friction bearing. So, when especially rusting needs to be avoided, while excelling in corrosion resistance, SUS440C of a martensite system, the stainless steel of a 0.7C-13Cr system, etc. are used as high Cr system stainless steel bearing steel which has 58 or more degrees of hardness HRC required for bearing.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in such high carbon thirteen Cr stainless steel, it originated in that there are many contents of carbon and Cr, and including much big and rough eutectic carbide which exceeds 10 micrometers you to be Haruka, these became a source of stress concentration, the fatigue life was reduced, and there was a problem of also causing degradation of toughness, corrosion resistance, etc. further.

[0005] It aims at offering the rolling equipment in which a degree of hardness, corrosion resistance, and the improvement in a life are possible without developing this invention that said many problems should be solved and making eutectic carbide big and rough.

[0006]

[Means for Solving the Problem] Invention-in-this-application persons are developing C which does not make eutectic carbide big and rough, and the rolling equipment which enables improvement in a degree of hardness, corrosion resistance, a life, etc. for the relation of Cr content a header and by adding nitrogen further so that it may already be indicated by JP,9-287053,A. The cause of reinforcement and corrosion-resistant improvement was presupposing that it is this invention what is depended on addition of the nitrogen which is a corrosion-resistant improvement element at the carbide detailed-ized effectiveness list by carbonaceous reduction-izing. However, when invention-in-this-application persons attained 15 micrometers or less of diameters of average crystal grain by inquiring further wholeheartedly, controlling the amount of non-dissolved carbide or carrying out minute amount addition

of the elements, such as Ti, Nb, and W, it found out that not only a fatigue life but corrosion resistance could improve further.

[0007] In the rolling equipment with which the rolling equipment which \*\* and is applied to this invention was equipped with an axis or an inner ring of spiral wound gasket, an outer ring of spiral wound gasket, and two or more rolling elements, at least one of said the component parts is weight %. C; 0.6% or less, less than [ more than Cr;10%20% ], less than [ more than Mn;0.1%0.8% ], Less than [ more than Si;0.1%1.0% ], less than 0.2% N; 0.05% or more, Less than [ Co;7% ], Remainder Fe, and an unescapable component are contained less than [ Mo;3.0% ] and V; 1.0% or less. And it consists of martensitic stainless steel with which the relation of the content of C and Cr is satisfied with of  $C\% \leq -0.05Cr\% + 1.41$ , and it is satisfied of  $\text{sum } C+N \geq 0.45$  of C and N, and is characterized by the diameter of average crystal grain being 20 micrometers or less.

[0008] Moreover, in said stainless steel, even if there are little Ti, Nb, and W, more than a kind is added 0.05 to 0.5% of the weight. Moreover, the reason for limitation of the stainless steel component of said invention is as follows.

[C; little content]C is so good that there is from a corrosion resistance field, although it is an element to which raise the hardness after hardening and temper and reinforcement is made to increase by martensite-izing a base. If it adds so much, Cr will form big and rough eutectic carbide at the time of steel manufacture. Consequently, sufficient corrosion resistance is not only no longer acquired, but Cr concentration of radical underground is insufficient and it reduces a fatigue life, toughness, and workability. Therefore, the carbon content could be 0.6 or less % of the weight. However, from a viewpoint of corrosion resistance and workability, it may be less than 0.45 % of the weight still more desirably less than 0.5% of the weight.

[Cr; although content]Cr is most important element that gives corrosion resistance to steel, unless it fills to 10.0% of the weight, good corrosion resistance is not acquired. Moreover, when Cr content increased, corrosion resistance improved, but since it becomes easy to generate a delta ferrite and eutectic carbide, toughness or a fatigue life was reduced and workability also deteriorated further when it added beyond the need, it could be 20 or less % of the weight. Furthermore, it takes preferably for 16.5 or less % of the weight 11.5% of the weight or more.

[Mn; although added 0.1% of the weight or more by the element required as a deoxidizer at the time of steel manufacture, since cold-working nature and machinability not only fall, but it coexists with impurities, such as S and P, and corrosion resistance is reduced, and the amount of retained austenites increases depending on the case and sufficient hardening hardness may not no longer be obtained if it adds so much, content]Mn may be 0.5 or less % of the weight preferably 0.8 or less % of the weight.

[Si; content]Si is required 0.1% of the weight or more as a deoxidizer at the time of steel manufacture as well as Mn. Furthermore, temper softening resistance is raised, and although it is an element effective in raising a rolling fatigue life, since toughness and cold-working nature will be reduced if it adds so much, it may be 1.0 or less % of the weight.

[N; content]N has the operation which strengthens martensite and raises corrosion resistance and abrasion resistance like C, and, for a certain reason, also adds the operation which controls formation of still bigger and rougher eutectic carbide 0.05% of the weight or more. Moreover, generally, since the nitrogen solubility in molten steel and a primary phase ferrite is small at the steel-manufacture home under the usual atmospheric pressure conditions, it is very difficult to add 0.2% of the weight or more of nitrogen in the component of invention-in-this-application steel. Furthermore, if it was going to add a lot of nitrogen, since air bubbles would arise in a coagulation process, a lot of pores would be introduced in an ingot and the soundness of a material would be spoiled, in the invention in this application, the content of nitrogen was made into less than 0.2 % of the weight 0.05% of the weight or more.

[Mo; content]Mo has the operation which increases hardenability and temper softening resistance remarkably. Furthermore, it acts effective also in corrosion resistance. However, when it added superfluously, not only toughness but the hardness after annealing became high, consequently cold sweat workability and machinability fell, and it was presupposed that the manufacturing cost of not only material cost but bearing becomes [ 3.0 or less-% of the weight ] high.

[V; content] V is powerful carbide and nitride generation element, into a base, deposits minutely and contributes at precipitation strengthening. When temper is especially carried out at an elevated temperature, it acts on secondary hardening, and there is an operation which raises hardness at high temperature. Therefore, although alternatively added to 1.0 % of the weight, if added so much exceeding 1.0 % of the weight, carbide will make it big and rough in a coagulation process, or workability, such as machinability, is reduced remarkably.

[Co; it is an austenite stabilization element, and generation of a delta ferrite is suppressed, solid solution strengthening of the base is carried out further, and content] Co as well as nickel has the operation which raises hardness at high temperature. Conversely, since workability fell and material cost rose remarkably when it added so much, the upper limit was made into 7.0 % of the weight.

[-- C+N; content] -- in order to obtain sufficient abrasion resistance with 58 or more-HRC surface hardness after hardening and temper, C+N is required 0.45% of the weight or more. Moreover, if the upper limit of carbon concentration is not limited to  $C\% \leq -0.05Cr\% + 1.41$ , the big and rough eutectic carbide, for example exceeding 20 micrometers will generate, and an acoustic feature, a fatigue life, toughness, etc. will be reduced.

If [diameter of average crystal grain] crystal grain makes it big and rough, it rolls, and the grain boundary volume will be decreased, and it will promote segregations, such as P in a grain boundary, and a life not only falls, but it will cause a corrosion resistance fall. In order to obtain a desirable result, 20 micrometers or less of crystal grain are preferably set to 10 micrometers or less. It is attained by specifically controlling the magnitude and the amount of the non-dissolved carbide contributed to the pinning effectiveness. Moreover, since Cr concentration of a matrix is securable as compared with the case where these show the same effectiveness as detailed carbide or carbon nitride, and non-dissolved carbide is further used also by adding at least one or more sorts of Ti, Nb, and W 0.05 to 0.5% of the weight or more, it is desirable in anticorrosion. However, even if it added beyond the need, since the effectiveness was saturated and led to a cost rise, it made the upper limit 0.5%. Moreover, since it is easy to segregate P to a grain boundary, S tends to exist as MnS and both affect corrosion resistance, the fewer possible one is good and may be 200 ppm or less preferably, respectively. Furthermore, in order that it might combine with aluminum in steel, and oxygen (O) might serve as B type inclusion and might reduce a fatigue life, its fewer possible one was desirable and set it to 20 ppm preferably.

[0009]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained.

Drawing 1 is the sectional view of the deep groove ball bearing of this operation gestalt. This ball bearing consists of two or more rolling elements (ball) 3, an inner ring of spiral wound gasket 1 located in the inner direction rather than it, and an outer ring of spiral wound gasket 2 located in the method of outside [ it ], being held between an inner ring of spiral wound gasket 1 and an outer ring of spiral wound gasket 2, it rolls and a rolling element 3 is guided. At this time, the rolling slot for guiding a rolling element 3 is established in the inner ring of spiral wound gasket 1 and the outer ring of spiral wound gasket 2, and the rolling element 3 is held in said rolling slot at  $** [ cage / 4 ]$ .

[0010] Next, the alloy content of the example of this operation gestalt used for the above ball bearings and the example of a comparison is shown in Table 1. In addition,  $**$  of front Naka shows said right-hand side of  $C\% \leq -0.05Cr\% + 1.41$ , and  $**$  shows the value of C+N. Only the component added positively is indicated in front Naka, and it has omitted about the component contained unescapable to it. Moreover, heat treatment was made into the following conditions. namely, about what added Ti, Nb, and W After [ 1200-1350 degree-Cx 1 hour solution treatment ] water cooling is carried out first, and it holds at 900-950 degrees C after that for 1 hour. Detailed Ti, By depositing the carbide, carbon nitride, etc. of Nb and W, and hardening at the existing fixed temperature of further 950-1100 degrees C The gestalt of non-dissolved carbide and a sludge was controlled, the diameter of crystal grain was changed, the subzero treatment of -70 - -90 degree-Cx 1 hour was performed succeedingly, and, finally annealing of 1.5 hours was given at 160 degrees C. In addition, about A-8 and A-9, tempering temperature was made into 450 degrees C, and annealing of 1.5 hours was given. On the other hand, about what does not add Ti, Nb, and W, the gestalt of non-dissolved carbide was controlled by hardening at the existing fixed

temperature of 950-1100 degrees C, the diameter of crystal grain was changed, the subzero treatment of -70 - -90 degree-Cx 1 hour was performed further succeeding, and, finally annealing of 1.5 hours was given at 160 degrees C.

[0011]

[Table 1]

マテンパイト系ステンレス鋼使用

	No	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Co	N	Ti	Nb	W	①	②
実 施 例	A-1	0.45	0.32	0.29	13.02	-	-	-	0.13	-	-	-	0.76	0.58
	A-2	0.47	0.28	0.43	15.02	-	-	-	0.12	-	-	-	0.66	0.59
	A-3	0.43	0.38	0.32	12.78	-	-	-	0.09	0.42	-	-	0.77	0.52
	A-4	0.49	0.28	0.42	14.98	0.98	-	-	0.15	-	0.21	-	0.66	0.64
	A-5	0.55	0.31	0.30	13.21	0.45	0.98	-	0.14	-	-	0.45	0.75	0.69
	A-6	0.45	0.30	0.31	12.99	-	-	-	0.12	0.19	0.20	-	0.76	0.57
	A-7	0.46	0.38	0.25	13.50	0.43	0.45	-	0.13	-	0.09	-	0.74	0.59
	A-8	0.32	0.30	0.30	16.17	2.89	-	5.43	0.18	-	0.39	-	0.60	0.50
	A-9	0.31	0.29	0.33	18.12	2.01	-	3.49	0.19	0.10	-	0.21	0.50	0.50
比 較 例	B-1	0.73	0.42	0.76	13.98	-	-	-	-	-	-	-	0.71	0.73
	B-2	0.67	0.39	0.65	12.78	-	-	-	-	-	-	-	0.77	0.67
	B-3	1.01	0.27	0.56	17.12	0.12	-	-	-	-	-	-	0.55	1.01
	B-4	0.26	0.31	0.31	12.89	-	-	-	0.12	-	-	-	0.77	0.38
	B-5	0.48	0.58	0.41	9.98	-	-	-	0.07	-	-	-	0.91	0.55

$C\% \leq -0.05Cr\% + 1.41$  . . . ①

$C+N \geq 0.45\%$  . . . ②

平均結晶粒径20 $\mu$ m以下

[0012] The example A-1 to A-9 has satisfied all the requirements for a configuration of said invention in this application so that clearly from this table. On the other hand, C concentration and N concentration do not satisfy the requirements for a configuration of the invention in this application, and, as for the example B-1 to B-3 of a comparison, further B-1 and B-3 have not satisfied said requirements of  $C\% \leq -0.05Cr\% + 1.41$ . Moreover, B-4 has not satisfied  $C+N \geq 0.45\%$  of the weight requirements. Moreover, B-5 has not satisfied the requirements for Cr concentration.

[0013] Next, using the stainless steel of said each example and the example of a comparison, said deep groove ball bearing of examples 1-9 and the examples 1-7 of a comparison creates, and the result of the heat treatment quality of those ball bearings and life test, and a corrosion resistance test is shown in Table 2. In addition, the conditions of life test and a corrosion resistance test are as follows.

[Life test]

Trial bearing: Deep groove ball bearing 6206 load : Fr900kgf rotational frequency : 3900rpm

lubrication : The VG68 measurement size n= 10 was evaluated, the Weibull plot was performed, and L10 life was computed.

[Corrosion-resistant evaluation trial] JIS Z It carried out by the salt spray test approach based on 2371. It is as follows for details.

[0014] The salt-spray-test approach testing liquid: 5%NaCl sol

temperature :35-degree-C test time: -- 50-hour valuation-basis: -- O and the thing as which rusting was regarded a little were made into \*\*, and what rusting was remarkably regarded as was made into x for those without rusting.

[0015] Moreover, heat treatment quality is expressed with HRC hardness and the diameter of crystal grain, and the diameter of crystal grain is 3 in one 1000 times the scale factor of this 0.03mm. It observed and the diameter of average crystal grain was computed by image analysis.

[0016]

[Table 2]

	試験No.	鋼種	硬さ (HRC)	結晶粒径 ( $\mu\text{m}$ )	寿命 (時間)	塩水噴霧
実 施 例	1	A-1	59.6	14	589	○
	2	A-2	59.8	12	643	○
	3	A-3	60.1	10以下	945	○
	4	A-4	60.1	10以下	976	○
	5	A-5	61.4	10以下	998	△
	6	A-6	60.2	10以下	945	○
	7	A-7	60.4	11	803	○
	8	A-8	59.5	10以下	991	○
	9	A-9	59.4	10以下	967	○
比 較 例	1	B-1	60.2	10以下	328	×
	2	B-2	60.5	10以下	476	×
	3	B-3	60.8	10以下	178	×
	4	B-4	57.4	25	302	△
	5	B-5	59.4	13	578	×
	6	A-1	61.2	22	417	△
	7	A-2	61.6	24	398	△

[0017] It is altogether satisfied with each example of this operation gestalt of 58 or more hardening hardness HRC, and the diameter of average crystal grain is 20 micrometers or less, and are very long lasting and high anticorrosion so that more clearly than this table. About especially the thing that did 0.05 % of the weight  $\geq$  addition of at least one or more kinds of Ti, Nb, and W, crystal grain is in the inclination which becomes still finer according to the pinning effectiveness by those sludges, and it is long lasting a little.

[0018] On the other hand, the examples 1 and 3 of a comparison were examples with which are not satisfied of said requirements of  $C\% \leq -0.05Cr\% + 1.41$ , and since they contained big and rough eutectic carbide, the exfoliation on the basis of it occurred, and they became a short life. Moreover, corrosion resistance is also inadequate. Moreover, although the example 2 of a comparison has satisfied said requirements of  $C\% \leq -0.05Cr\% + 1.41$ , it is common for the examples 1 and 3 of a comparison, and it originates in C concentration being high too, and sufficient corrosion resistance is not acquired. Moreover, the example 4 of a comparison is an example with which are not satisfied of  $C+N \geq 0.45\%$ , and is inadequate, and the diameter of crystal grain is also made big and rough, and sufficient life is not acquired. [ of hardness ] Moreover, Cr is insufficient for the example 5 of a comparison, and sufficient corrosion resistance is not acquired. Moreover, although the examples 6 and 7 of a comparison are examples at the time of changing and evaluating the heat treatment conditions of examples 1 and 2, the diameter of crystal grain has made it big and rough a little, and a life and corrosion resistance are falling as compared with examples 1 and 2.

[0019] In addition, such stainless steel is widely applicable to anti-friction bearing of not only a ball bearing but others, direct-acting bearing, a ball screw, etc.

[0020]

[Effect of the Invention] As opposed to the stainless steel material which is the component according to the rolling equipment of this invention as explained above By nitrogen with a comparable solid-solution-strengthening operation permuting in part the carbon which is the component for which big and rough eutectic carbide is formed in, and a function is reduced when there are many contents while having a bad influence on corrosion resistance, and regulating carbon concentration within fixed limits Functions, such as corrosion resistance and a rolling life, can be further raised by controlling formation of big and rough eutectic carbide, and controlling the diameter of crystal grain to 20 micrometers or less.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-226641

(P2000-226641A)

(43) 公開日 平成12年8月15日 (2000.8.15)

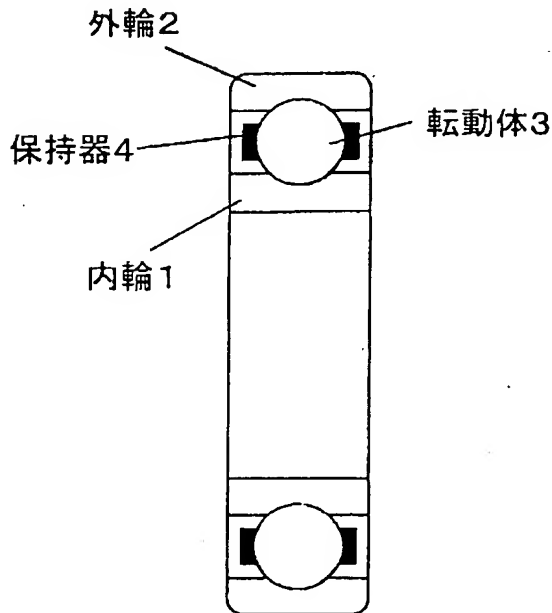
(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
C 2 2 C 38/00	3 0 2	C 2 2 C 38/00	3 0 2 H 3 J 1 0 1
		38/30	
F 1 6 C 33/32		F 1 6 C 33/32	
		33/34	
		33/62	
審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)			
(21) 出願番号	特願平11-29274	(71) 出願人	000004204 日本精工株式会社 東京都品川区大崎1丁目6番3号
(22) 出願日	平成11年2月5日 (1999.2.5)	(72) 発明者	田中 進 神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内
		(74) 代理人	100066980 弁理士 森 哲也 (外2名)
		Fターム (参考)	3J101 AA02 AA32 AA42 AA52 AA62 AA64 AA65 BA10 BA70 DA03 EA06 FA31

(54) 【発明の名称】 転動装置

(57) 【要約】

【課題】 耐食性や疲労寿命に優れた転動装置を提供する。

【解決手段】 ステンレス鋼材に対して、耐食性に悪影響を与えると共に含有量が多い場合には粗大共晶炭化物を形成して機能を低下させる成分である炭素を、同程度の固溶強化作用のある窒素で一部置換して、炭素濃度を一定の範囲内に規制することにより、粗大な共晶炭化物の形成を抑制して、結晶粒径を20 $\mu$ m以下に制御することにより、更に耐食性や転動寿命等の機能を高める。また、Ti、Nb、Wの少なくとも1種類以上を0.05重量%添加することにより、更にその効果を強め、長寿命化を図る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 軸体又は内輪及び外輪及び複数の転動体を備えた転動装置において、前記構成部品の少なくとも一つが、重量%で、C；0.6%以下、Cr；10%以上20%以下、Mn；0.1%以上0.8%以下、Si；0.1%以上1.0%以下、N；0.05%以上0.2%未満、Mo；3.0%以下、V；1.0%以下、Co；7%以下、残部Fe及び不可避成分を含有し、且つCとCrの含有量の関係が $C\% \leq -0.05Cr\% + 1.41$ を満足し、且つCとNの和 $C+N \geq 0.45$ を満足するマルテンサイト系ステンレス鋼で構成されており、且つその平均結晶粒径が $20\mu m$ 以下であることを特徴とする転動装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ステンレス製の転がり軸受、直動軸受、ボールネジ等の転動装置に関するものであり、特に構成部品の材料組成を改善して、高機能化を図るものである。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、例えば転がり軸受の材料としては、軸受鋼であれば日本工業規格のSUJ2が、ステンレス鋼であれば日本工業規格のSUS440C或いは0.7C-1.3Cr系のマルテンサイト系ステンレス鋼が使用されている。例えば、転がり軸受は高面圧下で繰り返し剪断応力を受けて用いられるため、その剪断応力に耐えて転がり疲労寿命を確保できるように、前記軸受鋼は焼入・焼戻し、ステンレス鋼は焼入・サブゼロ処理・焼戻しが施され、HRC58～64の硬度とされている。

【0003】転がり軸受の使用環境は多種多様であり、SUJ2等の一般の軸受鋼を用いたのでは、腐食環境下で使用された場合に早期に発錆して使用不能となることがある。そこで、特に発錆を避ける必要がある場合には、耐食性に優れると共に軸受に必要な硬度HRC58以上を有する高Cr系ステンレス軸受鋼としてマルテンサイト系のSUS440Cや0.7C-1.3Cr系のステンレス鋼などが使用されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような高炭素Crステンレス鋼においては、炭素とCrの含有量が多いことに起因して、 $10\mu m$ を遙かに超えるような粗大な共晶炭化物を多数含み、これらが応力集中源となって疲労寿命を低下させ、更には靱性、耐食性等の劣化をも招くという問題があった。

【0005】本発明は前記諸問題を解決すべく開発されたものであり、共晶炭化物を粗大化しないで、硬度、耐食性、寿命向上が可能な転動装置を提供することを目的とするものである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本願発明者らは、既に特開平9-287053号公報に記載されるように、共晶炭化物を粗大化しないC、Cr含有量の関係を見出し、更に窒素を添加することにより、硬度、耐食性、寿命などの向上を可能とする転動装置を開発している。この発明は、長寿命化と耐食性向上の原因が、炭素の低減化による炭化物微細化効果並びに耐食性向上元素である窒素の付加によるものであるとしていた。しかしながら、本願発明者らが、更に鋭意研究を行い、未固溶炭化物量を制御したり、或いはTi、Nb、W等の元素を微量添加したりすることによって、平均結晶粒径 $15\mu m$ 以下を達成すると、疲労寿命だけでなく、耐食性も更に向上できることを見出した。

【0007】而して、本発明に係る転動装置は、軸体又は内輪及び外輪及び複数の転動体を備えた転動装置において、前記構成部品の少なくとも一つが、重量%で、C；0.6%以下、Cr；10%以上20%以下、Mn；0.1%以上0.8%以下、Si；0.1%以上1.0%以下、N；0.05%以上0.2%未満、Mo；3.0%以下、V；1.0%以下、Co；7%以下、残部Fe及び不可避成分を含有し、且つCとCrの含有量の関係が $C\% \leq -0.05Cr\% + 1.41$ を満足し、且つCとNの和 $C+N \geq 0.45$ を満足するマルテンサイト系ステンレス鋼で構成されており、且つその平均結晶粒径が $20\mu m$ 以下であることを特徴とするものである。

【0008】また、前記ステンレス鋼において、Ti、Nb、Wの少なくとも一種以上を、0.05～0.5重量%添加する。また、前記発明のステンレス鋼成分の限定理由は以下の通りである。

【C；含有量】Cは、基地をマルテンサイト化することにより、焼入・焼戻後の硬さを向上させて強度を増加させる元素であるが、耐食性の面からは少ないほどよい。多量に加えると、製鋼時にCrが粗大な共晶炭化物を形成する。その結果、基地中のCr濃度が不足して十分な耐食性が得られなくなるだけでなく、疲労寿命、靱性、加工性を低下させる。従って、炭素含有量が0.6重量%以下とした。但し、耐食性、加工性の観点からは0.5重量%未満、更に望ましくは0.45重量%未満とする。

【Cr；含有量】Crは、鋼に耐食性を与える最も重要な元素であるが、10.0重量%に満たないと良好な耐食性が得られない。また、Cr含有量が増加すると、耐食性は向上するが、必要以上に添加するとδフェライトや共晶炭化物が生成し易くなり、靱性又は疲労寿命を低下させ、更に加工性も劣化するので、20重量%以下とした。更に好ましくは、11.5重量%以上16.5重量%以下とする。

【Mn；含有量】Mnは、製鋼時の脱酸剤として必要な元素で0.1重量%以上添加されるが、多量に添加する

と冷間加工性、被削性が低下するだけでなく、S、P等の不純物と共存して耐食性を低下させ、また場合によっては残留オーステナイト量が増加して十分な焼入硬さが得られなくなることがあるので、0.8重量%以下、好ましくは0.5重量%以下とする。

〔Si；含有量〕SiはMnと同じく、製鋼時の脱酸剤として0.1重量%以上必要である。更に、焼戻軟化抵抗性を高め、転動疲労寿命を向上させるのに有効な元素であるが、多量に添加すると靱性、冷間加工性を低下させるので1.0重量%以下とする。

〔N；含有量〕NはCと同様に、マルテンサイトを強化して耐食性、耐摩耗性を向上させる作用があり、更に粗大な共晶炭化物の形成を抑制する作用もあるために0.05重量%以上添加する。また、一般に通常の大気圧条件下での製鋼家庭では溶鋼及び初晶フェライト中の窒素溶解度が小さいため、本願発明鋼の成分においては0.2重量%以上の窒素を添加することは非常に困難で、更に多量の窒素を添加しようとする、凝固過程で気泡が生じてインゴット内に多量の気孔が導入され、素材の健全性が損なわれるため、本願発明では窒素の含有量は0.05重量%以上0.2重量%未満とした。

〔Mo；含有量〕Moは焼入性及び焼戻軟化抵抗性を著しく増大させる作用がある。更に耐食性にも有効に作用する。しかし、過剰に添加すると靱性だけでなく、焼鈍後の硬さが高くなり、その結果、冷間加工性及び被削性が低下し、素材コストだけでなく、軸受の製造コストが高くなるので3.0重量%以下とした。

〔V；含有量〕Vは、強力な炭化物・窒化物生成元素であり、基地の中に微細に析出して析出強化に寄与する。特に、高温で焼戻した場合には2次硬化に作用し、高温硬さを高める作用がある。そのため、選択的に1.0重量%まで添加されるが、1.0重量%を超えて多量に添加されると凝固過程で炭化物が粗大化したり、被削性等の加工性を著しく低下させる。

〔Co；含有量〕CoもNiと同様に、オーステナイト安定化元素であり、 $\delta$ フェライトの生成を抑え、更に基地を固溶強化し、高温硬さを向上させる作用がある。逆に多量に添加すると加工性が低下するし、素材コストが著しくアップするので、上限を7.0重量%とした。

〔C+N；含有量〕焼入・焼戻後にHRC58以上の表面硬度と十分な耐摩耗性を得るためにはC+Nが0.45重量%以上必要である。また、炭素濃度の上限をC% $\leq$ -0.05Cr%+1.41に限定しないと、例えば20 $\mu$ mを超える粗大な共晶炭化物が生成して、音響特性、疲労寿命、靱性などを低下させる。

〔平均結晶粒径〕結晶粒が粗大化すると、転がり寿命が低下するだけでなく、粒界体積が減少して、粒界におけるP等の偏析を促進させて耐食性の低下を招く。好ましい結果を得るためには、結晶粒を20 $\mu$ m以下、好ましくは10 $\mu$ m以下とする。具体的には、ピンニング効果

に寄与する未固溶炭化物の大きさや量を制御することで達成される。また、Ti、Nb、Wの少なくとも1種以上を0.05~0.5重量%以上添加することによっても、これらが微細な炭化物或いは炭窒化物として、同様の効果を示し、更に未固溶炭化物を利用する場合に比較して、マトリックスのCr濃度を確保できるため、耐食的に好ましい。但し、必要以上に添加しても、その効果は飽和し、コストアップにつながるため、その上限を0.5%とした。また、Pは粒界に偏析し易く、SはMnSとして存在し易く、どちらも耐食性に影響を及ぼすので、できる限り少ない方がよく、好ましくはそれぞれ、200ppm以下とする。更に、酸素(O)は鋼中のAlと結合してB系介在物となって疲労寿命を低下させるため、できるだけ少ない方が好ましく、好ましくは20ppmとした。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。図1は本実施形態の深溝玉軸受の断面図である。この玉軸受は、複数の転動体(ボール)3と、それよりも内方に位置する内輪1と、それよりも外方に位置する外輪2とからなり、転動体3は内輪1と外輪2との間に保持されながら、転がり案内される。このとき、内輪1及び外輪2には、転動体3を案内するための転動溝が設けられており、転動体3は、前記転動溝において保持器4によって等配に保持されている。

【0010】次に、前述のような玉軸受に用いる本実施形態の実施例及び比較例の合金成分を表1に示す。なお、表中の①は前記C% $\leq$ -0.05Cr%+1.41の右辺を、②はC+Nの値を示している。表中には、積極的に添加した成分のみを記載しており、不可避的に含有される成分については割愛している。また、熱処理は次の条件とした。即ち、Ti、Nb、Wを添加したものについては、まず1200~1350℃ $\times$ 1時間溶体化処理後水冷し、その後、900~950℃に1時間保持して微細なTi、Nb、Wの炭化物・炭窒化物等を析出させ、更に950~1100℃のある一定の温度で焼入れを行うことで、未固溶炭化物及び析出物の形態を制御し、結晶粒径を変化させ、引き続いて-70~-90℃ $\times$ 1時間のサブゼロ処理を行い、最終的に160℃で1.5時間の焼戻しを施した。なお、A-8及びA-9については、焼戻温度を450℃とし、1.5時間の焼戻しを施した。一方、Ti、Nb、Wを添加しないものについては、950~1100℃のある一定の温度で焼入れを行うことで未固溶炭化物の形態を制御し、結晶粒径を変化させ、更に引き続いて-70~-90℃ $\times$ 1時間のサブゼロ処理を行い、最終的に160℃で1.5時間の焼戻しを施した。

【0011】

【表1】

マテンダイト系ステンレス鋼使用

	No	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Co	N	Ti	Nb	W	①	②
実 施 例	A-1	0.45	0.32	0.29	13.02	-	-	-	0.13	-	-	-	0.76	0.58
	A-2	0.47	0.28	0.43	15.02	-	-	-	0.12	-	-	-	0.68	0.59
	A-3	0.43	0.38	0.32	12.78	-	-	-	0.09	0.42	-	-	0.77	0.52
	A-4	0.49	0.28	0.42	14.98	0.98	-	-	0.15	-	0.21	-	0.66	0.64
	A-5	0.55	0.31	0.30	13.21	0.45	0.98	-	0.14	-	-	0.45	0.75	0.69
	A-6	0.46	0.30	0.31	12.99	-	-	-	0.12	0.19	0.20	-	0.76	0.57
	A-7	0.46	0.38	0.25	13.50	0.43	0.45	-	0.13	-	0.09	-	0.74	0.59
	A-8	0.32	0.30	0.30	16.17	2.89	-	5.43	0.18	-	0.39	-	0.60	0.50
	A-9	0.31	0.29	0.33	18.12	2.01	-	3.49	0.19	0.10	-	0.21	0.50	0.50
比 較 例	B-1	0.73	0.42	0.76	13.98	-	-	-	-	-	-	-	0.71	0.73
	B-2	0.67	0.39	0.65	12.78	-	-	-	-	-	-	-	0.77	0.67
	B-3	1.01	0.27	0.56	17.12	0.12	-	-	-	-	-	-	0.55	1.01
	B-4	0.26	0.31	0.31	12.89	-	-	-	0.12	-	-	-	0.77	0.38
	B-5	0.48	0.58	0.41	9.98	-	-	-	0.07	-	-	-	0.91	0.55

C% ≤ -0.05Cr% + 1.41 . . . ①

C+N ≥ 0.45% . . . ②

平均結晶粒径20μm以下

【0012】この表から明らかなように、実施例A-1～A-9は、前記本願発明の構成要件を全て満足している。これに対して、比較例B-1～B-3はC濃度及びN濃度が本願発明の構成要件を満足しておらず、更にB-1及びB-3は、前記C% ≤ -0.05Cr% + 1.41の要件を満足していない。また、B-4はC+N ≥ 0.45重量%の要件を満足していない。また、B-5はCr濃度の要件を満足していない。

【0013】次に、前記各実施例及び比較例のステンレス鋼を用いて、実施例1～9及び比較例1～7の前記深溝玉軸受の作成し、それらの玉軸受の熱処理品質及び寿命試験、耐食性試験の結果を表2に示す。なお、寿命試験、耐食性試験の条件は以下の通りである。

〔寿命試験〕

試験軸受：深溝玉軸受6206

荷重：Fr900kgf

回転数：3900rpm

\*潤滑：VG68

20 サンプル数n=10を評価して、ワイブルプロットを行い、L10寿命を算出した。

〔耐食性評価試験〕JIS Z 2371に準拠した塩水噴霧試験方法により実施した。詳細は以下の通りである。

【0014】塩水噴霧試験方法

試験溶液：5%NaCl sol.

温度：35℃

試験時間：50時間

評価基準：発錆なしを○、やや発錆が見られたものを△、著しく発錆が見られたものを×とした。

【0015】また、熱処理品質は、HRC硬さと結晶粒径とで表し、結晶粒径は倍率1000倍で0.03mm<sup>3</sup>観察し、画像解析により平均結晶粒径を算出した。

【0016】

〔表2〕

\*

	7				8	
	試験No.	鋼種	硬さ (HRC)	結晶粒径 ( $\mu\text{m}$ )	寿命 (時間)	塩水噴霧
実 施 例	1	A-1	59.6	14	589	○
	2	A-2	59.8	12	643	○
	3	A-3	60.1	10以下	945	○
	4	A-4	60.1	10以下	976	○
	5	A-5	61.4	10以下	998	△
	6	A-6	60.2	10以下	945	○
	7	A-7	60.4	11	803	○
	8	A-8	59.5	10以下	991	○
	9	A-9	59.4	10以下	967	○
比 較 例	1	B-1	60.2	10以下	328	×
	2	B-2	60.5	10以下	476	×
	3	B-3	60.8	10以下	178	×
	4	B-4	57.4	25	302	△
	5	B-5	59.4	13	578	×
	6	A-1	61.2	22	417	△
	7	A-2	61.6	24	398	△

【0017】この表より明らかなように、本実施形態の各実施例では、全て焼入硬さHRC58以上を満足し、且つ平均結晶粒径が $20\mu\text{m}$ 以下であり、非常に長寿命、高耐食である。特に、Ti、Nb、Wの少なくとも1種類以上を0.05重量% $\geq$ 添加したものについては、それらの析出物によるピンニング効果によって、結晶粒は更に細くなる傾向にあり、幾分長寿命である。

【0018】これに対して、比較例1、3は前記C% $\leq -0.05\text{Cr}\%+1.41$ の要件を満足していない例であり、粗大な共晶炭化物を含んでいるため、それを起点とした剥離が発生し、短寿命となった。また、耐食性も不十分である。また、比較例2は、前記C% $\leq -0.05\text{Cr}\%+1.41$ の要件は満足しているが、比較例1、3と共通して、やはりC濃度が高いことに起因して十分な耐食性が得られない。また、比較例4はC+N $\geq 0.45\%$ を満足していない例であり、硬さが不十分で、且つ結晶粒径も粗大化して、十分な寿命が得られない。また、比較例5はCrが不足して十分な耐食性が得られない。また、比較例6、7は実施例1、2の熱処理条件を変えて評価した場合の例であるが、結晶粒径がやや粗大化しており、実施例1、2に比較して寿命と耐食性が低下している。

\*【0019】なお、このようなステンレス鋼は、玉軸受だけでなく、その他の転がり軸受、直動軸受、ボールベアリング等に広く適用可能である。

【0020】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の転動装置によれば、その構成材料であるステンレス鋼材に対して、耐食性に悪影響を与えると共に含有量が多い場合には粗大共晶炭化物を形成して機能を低下させる成分である炭素を、同程度の固溶強化作用のある窒素で一部置換して、炭素濃度を一定の範囲内に規制することにより、粗大な共晶炭化物の形成を抑制して、結晶粒径を $20\mu\text{m}$ 以下に制御することにより、更に耐食性や転動寿命等の機能を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の転動装置の一実施形態である玉軸受を示す縦断面図である。

【符号の説明】

- 1は内輪
- 2は外輪
- 3は転動体
- 4は保持器

(6)

特開2000-226641

【図1】

